

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-277804

(43) Date of publication of application : 06.10.2000

(51) Int.Cl.

H01L 33/00

H01L 31/10

H01S 5/042

H01S 5/323

(21) Application number : 2000-067673

(71) Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22) Date of filing :

15.06.1995

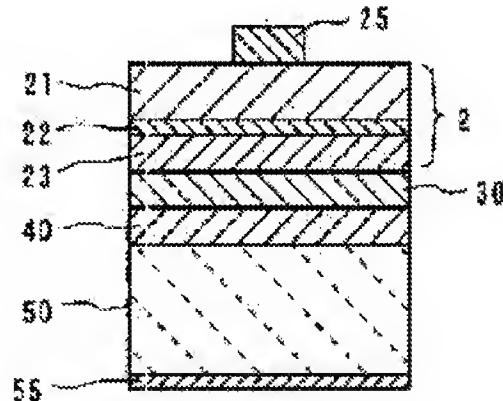
(72) Inventor : NAKAMURA SHUJI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF, AND LIGHT EMITTING ELEMENT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride semiconductor device having such a structure that an electrode can be extracted mainly from the upper and lower parts, by bonding a conductive substrate to the face of a nitride semiconductor layer of a wafer which is an insulating substrate grown with the nitride semiconductor n-type layer and a p-type layer, and then removing a part or the whole part of the insulating substrate of the wafer.

SOLUTION: On the nearly entire surface of a p-type layer in the most upper layer of a nitride semiconductor layer 2, a first ohmic electrode 30 which can come into a good ohmic contact with the p-type layer is formed. On the surface of a p-type GaAs substrate 50 as a conductive substrate, a second ohmic electrode 40 which is made of Au-Zn is formed. Next, a nitride semiconductor wafer having the first ohmic electrode 30, and the p-type GaAs substrate 50 having the second ohmic electrode 40, are laminated to each other by the ohmic electrodes and are heated to be bonded. Thereafter, the wafer bonded with the p-type GaAs substrate 50 is set in a polisher, and then a sapphire substrate 1 is lapped to remove the sapphire substrate and expose an n-type layer 21 of the nitride semiconductor layer 2.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-277804

(P2000-277804A)

(43)公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(50)Int.Cl.
H01L 33/00
31/10
H01S 5/042
5/323

識別記号

F I
H01L 33/00
H01S 5/042
5/323
H01L 31/10

テ-マ-ト(参考)
C
610
A

審査請求 有 請求項の数13 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-67673(P2000-67673)
(62)分割の表示 特願平7-148470の分割
(22)出願日 平成7年6月15日(1995.6.15)

(71)出願人 000228057
日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100

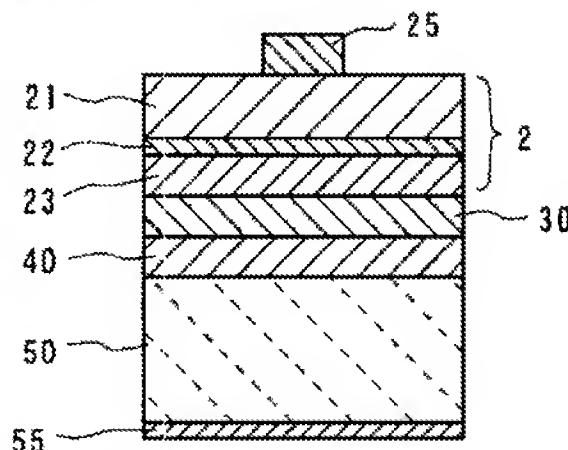
(72)発明者 中村 修二
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法及び窒化物半導体素子、並びに発光素子

(57)【要約】

【目的】 上下より電極を取り出せる構造を有する窒化物半導体素子の製造方法、および窒化物半導体素子を提供する。

【構成】 絶縁性基板の上に窒化物半導体層が成長されたウェーハの窒化物半導体層面に導電性基板を接着する第一の工程と、導電性基板接着後、前記ウェーハの絶縁性基板の一部、又は全部を除去して窒化物半導体層を露出させる第二の工程とを備え、露出させた窒化物半導体層と、導電性基板とに向する電極を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁性基板の上に、窒化物半導体からなるn型層と、p型層とが成長されたウェーハの窒化物半導体層面に、導電性基板を接着する第一の工程と、導電性基板接着後、前記ウェーハの絶縁性基板の一部、又は全部を除去して前記n型層を露出させる第二の工程とを備えることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項2】前記p型層が電流の広がりにくい層であって、前記n型層が低抵抗なp型層であることを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項3】前記第一の工程において、窒化物半導体層面と導電性基板とを電極、又は導電性材料を介して接着することを特徴とする請求項1、又は2記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】前記電極が窒化物半導体層面に形成されたオームミック電極及び／又は導電性基板表面に形成されたオームミック電極を含むことを特徴とする請求項3記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】前記窒化物半導体層面が、前記p型層であることを特徴とする請求項1乃至4記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】導電性基板と、その上に窒化物半導体とが接着されており、該窒化物半導体の最上層がp型層であることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項7】前記窒化物半導体が、p型層を有することを特徴とする請求項6記載の窒化物半導体素子。

【請求項8】前記窒化物半導体と前記導電性基板とが接着される窒化物半導体層面が、前記p型層であることを特徴とする請求項6、又は7記載の窒化物半導体素子。

【請求項9】前記窒化物半導体と前記導電性基板とが、電極及び／又は導電性材料を介して接着されていることを特徴とする請求項6乃至8記載の窒化物半導体素子。

【請求項10】前記電極が、窒化物半導体表面に形成されたオームミック電極及び／又は導電性基板表面に形成されたオームミック電極を含むことを特徴とする請求項9記載の窒化物半導体素子。

【請求項11】前記導電性基板を接着する窒化物半導体層面が、前記p型層であり、前記電極及び／又は導電性材料が、p型層のほぼ全面に形成されていることを特徴とする請求項9又は10記載の窒化物半導体素子。

【請求項12】請求項6乃至11に記載の導電性基板が接着された窒化物半導体を用いた発光素子であって、前記最上層のp型層に、部分電極が設けられてなることを特徴とする発光素子。

【請求項13】請求項9乃至11に記載の導電性基板が接着された窒化物半導体を用いた発光素子。若しくは請求項12記載の発光素子であって、前記電極及び／又は導電性材料が、窒化物半導体の発光波長を反射できることを特徴とする発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は発光ダイオード、レーザダイオード等の発光デバイス、又はファトダイオード等の受光デバイスに使用される窒化物半導体（ $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ）よりなる素子に関する。

【0002】

【従来の技術】窒化物半導体はそのバンドギャップエネルギーが $1.9\text{ eV} \sim 6.0\text{ eV}$ まであるので発光素子、受光素子等の各種半導体デバイス用として注目されており、最近この材料を用いた青色LED、青緑色LEDが実用化されたばかりである。

【0003】一般に窒化物半導体素子はMBE、MOVPE等の気相成長法を用いて、基板上にn型、p型あるいはi型等に導電性を規定した窒化物半導体を積層成長させることによって得られる。基板には例えばサファイア、スピネル、ニオブ酸リチウム、ガリウム酸ネオジウム等の絶縁性基板の他、炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛、ガリウム砒素等の導電性基板が使用できることが知られているが、窒化物半導体と完全に格子整合する基板は未だ開発されておらず、現在のところ、格子定数が10%以上も異なるサファイアの上に窒化物半導体層を強制的に成長させた青色、青緑色LED素子が実用化されている。

【0004】図6は従来の青色LED素子の構造を示す模式的な断面図である。従来のLED素子は、基本的にサファイア基板6-1の上に窒化物半導体よりなるn型層6-2と活性層6-3とp型層6-4とが順に積層されたダブルヘテロ構造を有している。前記のようにサファイアは絶縁性であり基板側から電極を取り出すことができないので、同一窒化物半導体層表面に正電極6-5と負電極6-6とが設けられた、いわゆるフリップチップ方式の素子とされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、サファイアを基板とする従来のフリップチップ方式の素子には数々の問題点がある。まず第一に、同一面側から両方の電極を取り出すためチップサイズが大きくなり多數のチップがウェーハから得られない、第二に、負電極と正電極とが水平方向に並んでいるため電流が水平方向に流れ、その結果電流密度が局部的に高くなりチップが発熱する、第三にサファイアという非常に硬く、劈開性のない基板を使用しているので、チップ化するのに高度な技術を必要とする。さらにLDを実現しようとする際には基板の劈開性を用いた窒化物半導体の劈開面を共晶面とできないので共晶面の形成が非常に困難である。

【0006】以上のような問題を回避するため、上記のように炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛、ガリウム砒素、ガリウムリン等の導電性基板の上に窒化物半導体を成長する試みも成されているが、未だ成功したという報

出はされていない。

【0007】従って本発明はこのような事情を鑑み成されたものであつて、その目的とするところは、主として上下より電極を取り出せる構造を有する窒化物半導体素子の製造方法、および窒化物半導体素子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体素子の製造方法は、絶縁性基板の上に、窒化物半導体からなるn型層と、p型層とが成長されたウェーハの窒化物半導体層面に導電性基板を接着する第一の工程と、導電性基板接着後、前記ウェーハの絶縁性基板の一部、又は全部を除去して前記n型層を露出させる第二の工程とを備えることを特徴とする。また、本発明の窒化物半導体素子は導電性基板と、その上に窒化物半導体とが接着されてなり、該窒化物半導体の最上層がn型層であることを特徴とする。

【0009】本発明の方法において、絶縁性基板には前記のようにサファイア、スピネル、ニオブ鈦リチウム、ガリウム酸ネオジウム等が用いられ、好ましくはサファイア、スピネルの上に成長された窒化物半導体が結晶性に優れている。一方、窒化物半導体に接着する導電性基板には、導電性を有する基板材料であればどのようなものでも良く、例えばSi、SiC、GaAs、GaP、InP、ZnSe、ZnS、ZnO等を用いることができる。但し、導電性基板は窒化物半導体が積層された絶縁性基板とは同じ形状を有し、さらには同じ面積か、あるいはそれよりも大きな面積を有するウェーハ状の基板を選択することはいうまでもない。

【0010】一方、窒化物半導体層が積層されたウェーハの絶縁性基板を除去するには、例えば研磨、エッティング等の技術を用いる。通常絶縁性基板の厚さは数百μmあり、窒化物半導体層は厚くても20μm以下であるので、研磨により基板を除去する際に研磨摩耗が制御しにくい場合は、最初研磨で大まかな部分を除去し、その後エッティングで細かい部分を除去して、電極を形成するのに必要とする窒化物半導体面を露出させても良い。また例えばレーザーのように絶縁物を電流狭窄層として窒化物半導体層表面に必要とする素子を作製する場合には、絶縁性基板全てを除去せずに、選択エッティングにより窒化物半導体層を露出させるのに必要な部分のみを除去することも可能である。

【0011】さらに本発明の方法及び素子において、窒化物半導体層に接着する導電性基板は弱開性を有することを特徴とする。この弱開性を有する導電性基板には、例えばGaAs、GaP、InP、SiC等を好ましく用いることができる。

【0012】次に本発明の方法及び素子は窒化物半導体層面と導電性基板とを電極、又は導電性材料を介して接着することを特徴とする。この方法は導電性基板に弱開

性のある基板を使用しても同様に適用可能である。接着する方法には、導電性基板の接着面と、窒化物半導体層面とを鏡面として、それら鏡面同士を張り合わせた後、熱圧着するいわゆるウェーハ接着の手法を用いてもよいが、電極又は導電性材料を介することにより簡単に接着することができる。導電性材料は窒化物半導体と導電性基板を接着できる材料であればどのようなものでも良く、例えばTn、An、ハンダ、銀ベースト等の材料を使用することができる。

【0013】また前記接着手法において、電極は窒化物半導体層表面に形成されたオーミック電極及び/又は導電性基板表面に形成されたオーミック電極を含むことを特徴とする。なお、オーミック電極とは、一般に窒化物半導体表面に形成される膜厚の薄いオーミック電極と、その電極の上に付けられた膜厚の厚い接着用の金属、例えばAu、In、Al等の金属を含んで本明細書ではオーミック電極と定義する。窒化物半導体層表面に形成するオーミック電極材料としては、n型層が接着面であれば例えば特開平5-291621号公報に示されたAl、Cr、Ti、Inの内の少なくとも一種の材料、特に好ましくはTiをn型層と接する側とした電極、また特開平7-45867号公報に示されたTi-Alを含む材料を挙げができる。また接着面がp型層であれば同じく特開平5-291621号公報に示されたAu、Pt、Ag、Niの内の少なくとも一種の材料、特に好ましくはNiをp型層と接する側とした電極を挙げることができる。

【0014】窒化物半導体はp型層が得られにくく、p型層を得るために例えば特開平3-218625号公報に開示されるような電子線照射、また特開平5-183189号公報に開示されるような熱的アニーリング処理が成長後に行われ、最表面のp型層が低抵抗化される。このため窒化物半導体ウェーハは最上層がp型層になっていることが多い。そこで、この窒化物半導体ウェーハと導電性基板を接着する際には、p型層に形成されたオーミック電極を介してp型の導電性基板とを接着することが特に望ましい。

【0015】一方、もう片方の接着面の導電性基板に形成するオーミック電極としては例えば導電性基板がn型GaAsであれば、Ag-Sn、In-Sn、Ni-Sn、Au-Sn、Au-Si、Au-Ga等を用いることができ、p型GaAsであれば、Au-Zn、Ag-Zn、Ag-In等を用いることができる。その他SiC、Si等についても公知のオーミック電極材料を用いることができるが前記のようにp型の導電性基板をその導電性基板のオーミック電極を介して接着することが特に望ましい。

【0016】

【作用】本発明の方法及び素子では窒化物半導体層に導電性基板を接着している。つまり、窒化物半導体が絶縁

性基板の上に成長されたウェーハでは、窒化物半導体より得られる各種素子はフリップチップ形式とならざるを得ないが、導電性基板をウェーハ最上層の窒化物半導体層に接着することにより、導電性基板が電極を形成する基板となる。その後、絶縁性基板を除去すると窒化物半導体層が露出するので、露出した窒化物半導体層面にもう一方の電極を形成することができる。従来のような電極が水平方向に並んだ素子ではなく、互いの電極が対向した素子を作製することができる。

【0017】次に接着する導電性基板に弱開性のある材料を選択すると、弱開性のない絶縁性基板の上に成長された窒化物半導体でも、接着された導電性基板の弱開性を利用してチップ状に分割できる。このためチップサイズの小さい素子が得られやすくなり、さらに窒化物半導体の弱開面を光共振面とするレーザ素子が作製できるようになる。

【0018】また窒化物半導体層面と導電性基板とは一般にウェーハ接着と呼ばれる技術で接着する方法もあるが、特に窒化物半導体層の電極、若しくは導電性基板の電極、又は導電性材料を介して接着すると導電性基板と窒化物半導体層との間の電気的特性も安定化するため好ましい。さらにこの導電性材料としてAu、Al、Ag等の窒化物半導体の発光波長を反射できる材料を選択すれば、発光素子を作製した際、これらの導電性材料が接着した導電性基板に来る光を反射して、窒化物半導体層の側に構す作用があるので発光素子の発光効率が向上する。

【0019】特に接着材料として、窒化物半導体層表面に形成されたオーミック電極及び／又は導電性基板表面に形成されたオーミック電極を含むば、例えば発光素子のような発光デバイスを作製すると、抵抗値が低くなりデバイスのV_Dを低下させる作用がある。

【0020】

【実施例】以下、実施例で本発明を詳説する。図1乃至図3は本発明の方法の一工程を説明するウェーハ及び導電性基板の模式的な断面図であり、図4は実施例1により得られた窒化物半導体発光素子の構造を示す模式的な断面図であり、以下これらの図を元に実施例1を述べる。

【0021】【実施例1】サファイア基板1の表面に窒化物半導体層2が積層されたウェーハを用意する。なお窒化物半導体層2はサファイア基板1から順にドナー不純物がドープされたAl_XGa_{1-X}N (0≤X≤1) よりなるn型層21と、In_YGa_{1-Y}N (0<Y<1) よりなる活性層22と、アクセプター不純物がドープされたAl_XGa_{1-X}N (0≤X≤1) よりなるp型層23とを少なくとも有するダブルヘテロ構造を有している。なお最上層のp型層23は400Å以上のアニーリングにより低抵抗化されている。

【0022】次に図1に示すように窒化物半導体層2の

表面のほぼ全面にAlとAuを含むオーミック電極30を500Åオングストロームの膜厚で形成する。つまり窒化物半導体層2の最上層のp型層のほぼ全面にp型層と好ましいオーミックが得られる第一のオーミック電極30を形成する。さらにそのオーミック電極30の上に接着性を良くするためにAu薄膜を0.1μm形成する。

【0023】一方、導電性基板として、サファイア基板1と同じ同じ大きさを有するp型GaAs基板50を用意し、このp型GaAs基板50の表面にAu-Znよりなる第二のオーミック電極40を500Åオングストロームの膜厚で形成する。さらにその第二のオーミック電極40の上に接着性を良くするためにAu薄膜を0.1μm形成する。

【0024】次に、図2に示すように第一のオーミック電極30を有する窒化物半導体ウェーハと、第二のオーミック電極40を有するp型GaAs基板50とのオーミック電極同士を貼り合わせ、加熱により圧着する。但し、圧着時ウェーハのサファイア基板1とp型GaAs基板50のとは平行となるようにする。平行でないと次のサファイア基板を除去する工程において、露出される窒化物半導体層の水平面が出ないからである。また第一のオーミック電極30と第二のオーミック電極40とを接着するためにAuを使用したが、この他電極30と40との間にインジウム、錫、ハンダ、銀ペースト等の導電性材料を介して接着することも可能である。なおp型GaAs基板50を接着する際に窒化物半導体層の弱開性と、基板50との弱開方向を合わせて接着してすることは當うまでもない。

【0025】次にp型GaAs基板50を接着したウェーハを研磨器に設置し、サファイア基板1のラッピングを行い、サファイア基板を除去して、窒化物半導体層2のn型層21を露出させる。なおこの工程において、例えばサファイア基板1を数μm程度の厚さが残るようにラッピングした後、さらに残ったサファイア基板をエッチングにより除去することも可能である。サファイア基板1除去後のウェーハの構造を図3に示す。

【0026】最後に露出したn型層21の表面をポリシングした後、n型層にオーミック用の電極としてT1-Alよりなる負電極25を形成し、一方p型GaAs基板50には同じくオーミック電極としてAu-Znよりなる正電極50を全面に形成する。

【0027】以上のようにして正電極および負電極が形成されたウェーハを、p型GaAs基板の弱開性を利用して200μm角の発光チップに分離する。分離後の発光チップの構造を示す模式的な断面図を図4に示す。この発光チップは電極25と26間に通電することにより、活性層22が発光するLED素子の構造を示している。この発光素子は活性層22の発光が第一のオーミック電極30とp型層23との界面で反射され、p型Ga

A₃基板50に吸収されることはないので、従来の発光素子に比べて発光出力が50%以上増大した。

【0028】またこの例は絶縁性基板がサファイア、導電性基板がp型GaAsについて説明したが、絶縁性基板にはサファイアの他に例えば前記したスピネル、冬青ジウムガレートのような絶縁性基板を用いても良く、また導電性基板にはSi、ZnOのような基板を用いても良い。

【0029】【実施例2】実施例1においてサファイア基板1をラッピングする際、サファイア基板1がらくまの膜厚で残るようラッピングする。次に残ったサファイア基板1の表面に電流狭窄層が形成できるような形状のマスクを形成し、エッチング装置でマスク開口部のサファイア基板1をエッチングにより除去し、n型層21の一部を露出させる。露出後同様にしてn型層に負電極25とp型GaAs基板50に正電極52を形成する。

【0030】次にp型GaAs基板50の剥離性を用いて、チップ状に分離してレーザ素子とする。図4はそのレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、故意に残したサファイア基板1がレーザ素子の電流狭窄層として作用している。この例は電流狭窄層としてサファイア基板を残す例を示したが、この他にレーザ素子の電流狭窄層を形成するには実施例1のようにサファイア基板1を全部除去してから、例えばSiO₂、TiO₂のような絶縁膜を露出した窒化物半導体層の上に形成しても良い。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の方法によると導電性基板を有する窒化物半導体素子が実現できるので、チップサイズの小さい素子を提供することができる。また素子に形成した電極間が対向しているので、電流が窒化物半導体層に均一に流れ発熱量が小さくなり、レーザ素子を実現することも可能となる。さらに容易に窒化物半導体の剥離が可能となり、その剥離面を共振器とできるためレーザ素子の作製が容易となる。さらにまた発光デバイスを実現すると、窒化物半導体層と導電性基板とを接着した電極により、窒化物半導体層の発光が電極表面で反射されるので発光出力も増大させるこ

とができる。

【0032】従来の窒化物半導体LEDは図6に示すようにp型層64の表面のほぼ全面に光を透過する正電極63が形成されていた。これはp型層の電流が広がりにくいことによる。この正電極63により発光する光のうち0%以上が吸収されていた。しかし本発明の素子によると図4および図5に示すように低抵抗なn型層21が最上層となるので、従来のように全面電極を設ける必要がなくなり、小さな部分電極でよい。従って窒化物半導体層側からの光の取り出し効率が飛躍的に向上し発光出力が向上する。このように本発明は窒化物半導体を用いたデバイスを実現する上で産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法の一工程を説明する窒化物半導体ウェーハの模式断面図。

【図2】 本発明の方法の一工程を説明する窒化物半導体ウェーハの模式断面図。

【図3】 本発明の方法の一工程を説明する窒化物半導体ウェーハの模式断面図。

【図4】 本発明の一実施例に係る窒化物半導体素子の構造を示す模式断面図。

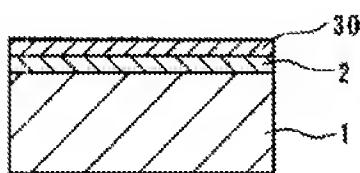
【図5】 本発明の他の実施例に係る窒化物半導体素子の構造を示す模式断面図。

【図6】 従来の窒化物半導体発光素子の構造を示す模式断面図。

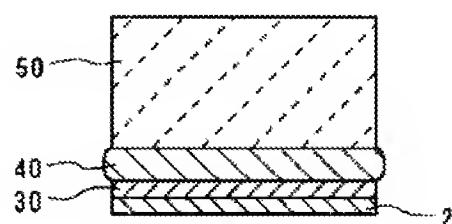
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 窒化物半導体層
- 21 n型層
- 22 活性層
- 23 p型層
- 30 第一のオーム電極
- 40 第二のオーム電極
- 50 p型GaAs基板
- 52 負電極
- 53 正電極

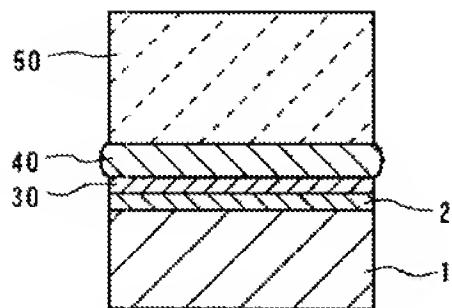
【図1】



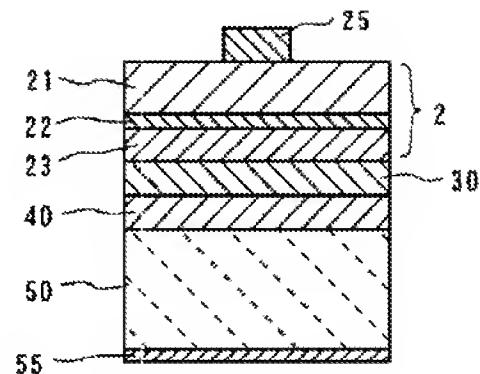
【図3】



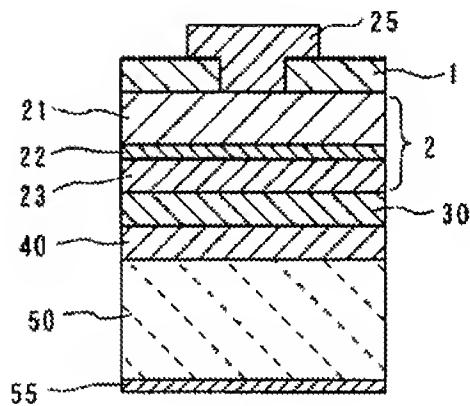
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

